

発達した乱流の大規模数値シミュレーション研究

報告書番号：R19JACA05

利用分野：JSS2 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2019/11399/

● 責任者

後藤 晋, 大阪大学基礎工学研究科

● 問い合わせ先

後藤 晋(goto@me.es.osaka-u.ac.jp)

● メンバ

後藤 晋, 本告 遊太郎, 荒木 亮, 篠原 司, 岡 温, 阿部 篤司, 西川 碧, 小井手 祐介

● 事業概要

高レイノルズ数の発達した乱流は航空宇宙工学が関わる種々の流れで本質的な役割を演じるので、その予測や制御は様々なプロジェクトにおいて重要である。また、高レイノルズ数の乱流を数値的にシミュレートするためには、乱流中の小スケールの運動をモデル化することが必須である。ところで、このような乱流モデルは乱流の小スケールの統計の普遍性に基づく。本研究課題の主たる目的は、乱流の普遍性の起源を明らかにすることである。とくに、複数の異なる境界条件下における発達した乱流の大規模な数値シミュレーションを実行することにより、乱流の小スケールの運動の詳細(渦の階層とその生成維持機構)を明らかにすることを具体的な目標とする。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

乱流は航空宇宙工学の分野の重要な研究課題である。また、乱流の直接数値シミュレーションは大規模な計算機環境を必要とする。これらが、本研究課題で JSS2 の利用する理由である。

● 今年度の成果

本年度はとくに高レイノルズ数の平板境界層乱流に関する解析を進め、この乱流の維持機構の理解を深めた。図1に解析結果の例を示す。この乱流中には、秩序渦やそれに付随する低速ストリークが自己相似的な階層をなして存在する。図1には、ガウスイルタを用いて乱流をスケール分解することによって抽出された高レイノルズ数乱流中の大規模構造を示す。ここで観察される渦構造(オレンジ色)と低速ストリーク構造(水色)は、低レイノルズ数乱流中でよく知られる秩序構造とよく似ていることに気づく。つまり、乱流中の最大スケールの秩序渦構造は、レイノルズ数に依らずに共通の機構により維持されていることが強く示唆される。

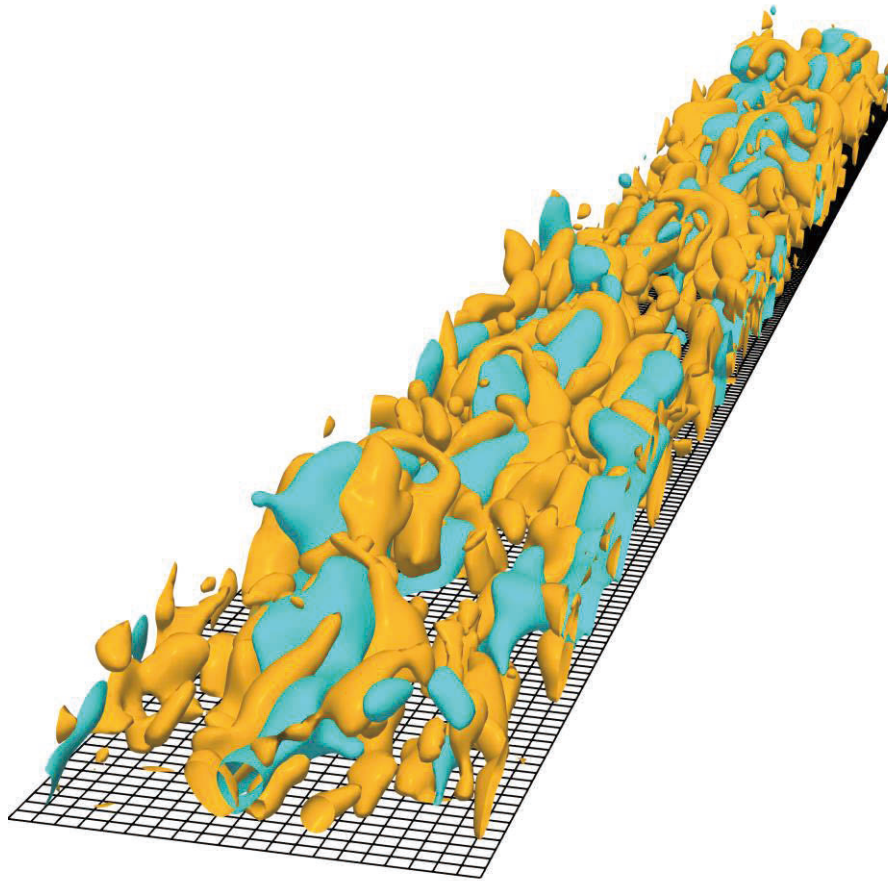


図 1: 十分に発達した(運動量厚きに基づくレイノルズ数が 3000)の境界層乱流中の大規模構造. ガウスフィルタを用いて粗視化した速度勾配テンソルの第二不変量の等値面(オレンジ色)と低速領域(青色).

● 成果の公表

-査読付き論文

- 1) Y. Motoori, S. Goto, Scale-dependent enstrophy production rates in a turbulent boundary layer, J. Fluid Sci. Tech. 14 (2019) JFST0016.
- 2) T. Yasuda, S. Goto, J. C. Vassilicos, Phys. Rev. Fluids 5 (2019) 014601.

-招待講演

- 1) 後藤晋, 乱流中のエネルギーカスケードと局所平衡仮説の破れ, RIMS 共同研究(公開型)研究集会『乱流の基礎的相似則の再検討』

-口頭発表

- 1) Y. Motoori, S. Goto, Energy cascade in turbulent channel flow, The 65th Workshop on "Investigation and Control of Transition to Turbulence"
- 2) S. Oka, S. Goto, Cluster of inertial particles and fluid acceleration in turbulence at high Reynolds numbers, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics
- 3) R. Araki, S. Goto, Large spatial-temporal fluctuation and energy cascade dynamics in von Karman

turbulence, Sixteenth International Conference on Flow Dynamics

4) S. Oka, S. Goto, Cluster of inertial particles and fluid acceleration in turbulence, 17th European Turbulence Conference

5) S. Goto, Y. Motoori, Hierarchy of vortices in a developed turbulent boundary layer, 17th European Turbulence Conference,

6) Y. Motoori, S. Goto, Generation mechanism of the hierarchy of vortices in wall-bounded turbulence, Eleventh International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena

7) S. Goto, K. Komoda, J. Kanki, Turbulence in Precessing Containers, Eleventh International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena

8) 荒木亮, 後藤晋, von Karman 乱流中の大規模時空間変動とエネルギーカスケードの動力学, 日本機械学会 関西支部第 95 期定時総会講演会

9) 後藤晋, 犬伏正信, リザーバコンピューティングを用いた乱流エネルギー散逸率の予測, 第 33 回数値流体力学シンポジウム,

10) 岡温, 後藤晋, 高レイノルズ数の乱流中における慣性粒子群のクラスターと流体加速度の関係, 日本流体力学会年会 2019

11) 篠原司, 後藤晋, 回転球容器内における粉粒体流れ, 日本流体力学会年会 2019

12) 本告遊太郎, 後藤晋, 秩序渦の階層に基づく平行平板間乱流の維持機構, 日本流体力学会年会 2019,

13) 後藤晋, 本告遊太郎, 岡温, 乱流中の渦の階層が輸送現象に果たす役割, 日本機械学会 2019 年度年次大会

-ポスター

1) 本告遊太郎, 後藤晋, 乱流境界層中の最大スケール渦はヘアピン状である, 日本機械学会第 97 期流体力学部門 講演会

2) 後藤晋, 乱流中の秩序渦の階層とその維持機構, プラズマシミュレータシンポジウム 2019

● JSS2 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	自動並列
プロセス並列数	64 - 96
1 ケースあたりの経過時間	40 時間

● 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.13

内訳

計算資源		
計算システム名	コア時間(コア・h)	資源の利用割合※2 (%)
SORA-MA	932,020.14	0.11
SORA-PP	0.00	0.00
SORA-LM	0.00	0.00
SORA-TPP	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	1,014.71	0.85
/data	97,751.66	1.67
/ltmp	11,718.76	1.00

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合